



<u>Veranstaltung:</u>	F/B/K-WB-EL-Sem
<u>Ausbildungseinheit:</u>	Waldbrandarten und Gefahren an der Einsatzstelle
<u>Ausgabe:</u>	11.07.2025
<u>Zuständig:</u>	Abteilung Trupp- und Führungsausbildung
<u>Bearbeitet von:</u>	Dr. Christiane Piegholdt
<u>Literaturhinweis:</u>	Rahmenempfehlung Wald- und Vegetationsbrand- bekämpfung in Hessen Handbuch Vegetationsbrandbekämpfung, TMIK Merkblatt Vegetationsbrände, SFSW Technik zur Vegetationsbrandbekämpfung, Rotes Heft 110 Wald- und Vegetationsbrände, Rotes Heft 107 Grundlagen Vegetationsbrandbekämpfung, Forest- FireWatch Vegetationsbrandbekämpfung – SER, Cimolino et al. Vegetationsbrandbekämpfung – Technik-Taktik-Ein- satz, Cimolino et al.

Inhalt

1	Einleitung	2
2	Begriffe und Definitionen	3
3	Einfluss der Topografie	5
4	Einfluss des Wetters.....	7
5	Arten von Vegetationsbränden	9
5.1	Feld-, Wiesen- und Heidebrände	9
5.1.1	Brand abgeernteter Flächen.....	9
5.1.2	Brand nicht abgeernteter Felder, Wiesen und Heidebrände	9
5.2	Waldbrände.....	9
5.2.1	Bodenfeuer.....	9
5.2.2	Kronenfeuer/Wipfelfeuer	9
5.2.3	Vollfeuer	10
5.2.4	Stammfeuer.....	10
5.2.5	Erdfeuer	10
5.2.6	Wurzelfeuer.....	10
6	Klimaentwicklung und Vegetationsbrände	11
6.1	Historisch bedingte Gefahren für die Entstehung von Waldbränden.....	11
6.1.1	Waldbewirtschaftung und Waldbrände.....	11
6.1.2	... und die daraus resultierenden heutigen Gefahren.....	11
6.2	Klimawandel und Waldbrände.....	11
7	Gefahren bei Wald- und Vegetationsbränden.....	14
8	Einfache taktische Waldbrandprognose (ETW).....	16
8.1	Faktor Brennstofftemperatur (in Abhängigkeit der Hangausrichtung)	17
8.2	Faktor Wind.....	17
8.3	Faktor Topografie/Hangneigung.....	17
8.4	Faktor Brennstoffart	17
8.5	Addition der Faktoren.....	18
9	Quellenverzeichnis	18

1 Einleitung

„Vegetationsbrände“ ist der Sammelbegriff für verschiedene Arten von Bränden in der freien Natur. Die Gefahr für solche Brände kann durch extreme Trockenperioden, wie sie in den letzten Jahren häufig vorgekommen sind, enorm steigen. Oft werden die Feuer durch Fahrlässigkeit verursacht. Hierzu gehört das unachtsame Wegwerfen von Zigarettenbestandteilen, unerlaubte Feuer und das Parken von Kraftfahrzeugen mit heiß gefahrenen Abgasanlagen auf trockenen Vegetationsflächen. Insgesamt gibt es aber mehr vorsätzlich entzündete, als fahrlässig verursachte Brände. Die Brandintensität wird durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst, wobei vor allem die Menge des Brandgutes und der vorhandene Sauerstoff entscheidend für den Brandverlauf sind.



Abb. 1: Voraussetzungen für Vegetationsbrände [1]

Im Jahr 2022 wurden in Hessen insgesamt etwa 130 Hektar durch Waldbrände geschädigt [2]. Der Landesbetrieb Hessen Forst zählte bis Anfang September rund 260 Feuer. Im Jahr 2021 gab es in den Wäldern nur 29 Feuer mit einer betroffenen Fläche von insgesamt 2,6 Hektar.

Wie bei allen Bränden orientiert sich die taktische Vorgehensweise an den vorliegenden Gefahrenschwerpunkten. Falls keine Personen gerettet werden müssen, hat bei der Bekämpfung von Vegetationsbränden die schnellstmögliche Eingrenzung des Brandes Priorität. In den seltensten Fällen kann die gesamte Fläche sofort komplett abgelöscht werden.

2 Begriffe und Definitionen

Flammenhöhe

Die Flammenhöhe (Abb. 2) entspricht der direkten Länge der Flammen, vom Boden aus betrachtet, senkrecht in die Höhe.

Flammenlänge

Die Flammenlänge (Abb. 2) bezeichnet die Entfernung der Flammenspitze vom Boden, im direkten Verlauf betrachtet. Durch die im Feuer herrschende Thermik, verbunden mit bestehendem Wind, kann sich die Flammenlänge deutlich von der Flammenhöhe unterscheiden.

Flammen-/Feuersaum

Der Flammen-/Feuersaum (Abb. 2) ist die Breite bzw. Tiefe an der Basis des Bereiches, der in Flammen steht.

Schwarzbereich

Der Schwarzbereich (Abb. 3) ist ein Bereich innerhalb eines Brandgebietes, in dem die brennbaren Stoffe durch das Feuer verbraucht wurden.

Grünbereich

Der Grünbereich (Abb. 3) liegt außerhalb des Brandgebietes. Die Vegetation ist noch nicht verbrannt.

Feuerfront

Die Feuerfront (Abb. 3) bildet den Bereich der Hauptzugrichtung des Feuers. Dieses wird durch Wind, in Verbindung mit brennbarem Material, vorangetrieben. Die Flammenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit hängen von der Windstärke und dem zur Verfügung stehenden brennbaren Material ab.

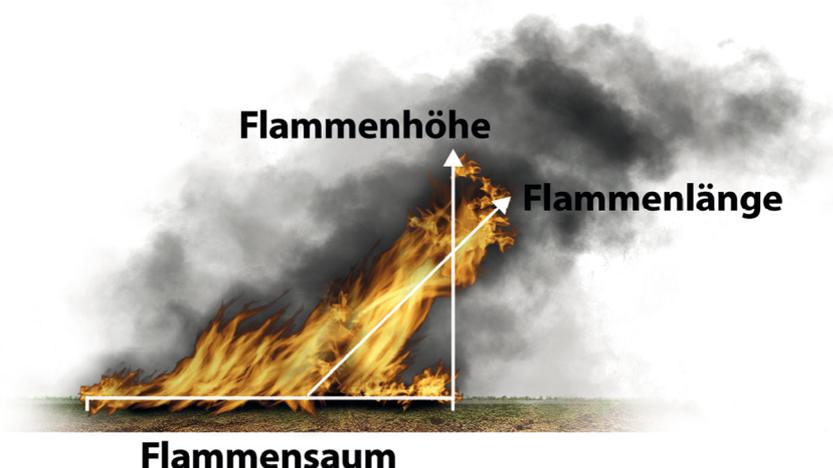


Abb. 2: Flammenhöhe, Flammenlänge und Feuersaum [1]

Feuerflanke

Eine Feuerflanke (Abb. 3) breitet sich, angetrieben durch Wind, nach links bzw. rechts entlang der Hauptzugrichtung des Feuers aus. Die Flammenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit sind ebenfalls abhängig von der Windstärke und dem zur Verfügung stehenden brennbaren Material.

Ankerpunkt

Ein Ankerpunkt ist die taktisch sinnvolle Position, von der aus eine Brandbekämpfung unter Beachtung des Eigenschutzes eingeleitet werden kann. Hierbei sind bevorzugt Flächen zu wählen, die der Einsatzkraft sichere Rückzugsmöglichkeiten (Straßen, bereits verbrannte Bereiche etc.) bieten, aber trotzdem eine möglichst effektive Brandbekämpfung zulassen.

Direkter Angriff/offensive Vorgehensweise

Bei einem direkten Angriff/einer offensiven Vorgehensweise wird das Feuer unmittelbar am Flammenbereich gekühlt oder vom Brandgut getrennt.

Indirekter Angriff/defensive Vorgehensweise

Bei einem indirekten Angriff/einer defensiven Vorgehensweise wird das Feuer an der Ausbreitung gehindert, indem das brennbare Material entfernt wird. Zusätzlich kann der vom brennbarem Material bereinigte Bereich nach Rücksprache mit dem Forstverantwortlichen zum Beispiel durch das Aufbringen von Netzmittel einen doppelten Schutz erhalten.

Schutzstreifen

Schutzstreifen sind ca. 20 bis 30 Meter breite, mit Bäumen bestandene Flächen, die von leicht brennbarem Material (Reisig, Gestrüpp, Dürr- oder Rechtholz) befreit sind. Schwache und trockene Bäume werden entfernt sowie ggf. verbleibende Nadelbäume bis auf eine Höhe von 4 Metern geastet. Durch die geringe Brennstoffmenge und fehlende Feuerbrücken wird verhindert, dass ein Bodenfeuer den Kronenraum entzünden kann. Diese Schutzstreifen liegen ein- oder beidseitig neben Straßen oder Bahnlinien und den im Folgenden genannten Wundstreifen.

Wundstreifen

Wundstreifen sind von brennbarem Material und humushaltigen Oberboden freizuhalten Flächen von über einem Meter Breite. Sie laufen ein- oder beidseitig entlang von Hauptwegen, Straßen oder Bahnlinien. Mittels eines Wundstreifens wird das Durchlaufen eines Bodenfeuers verhindert. Durch wiederholtes Eggen oder Pflügen in der Waldbrand-saison wird die Funktion des Wundstreifens aufrechterhalten.

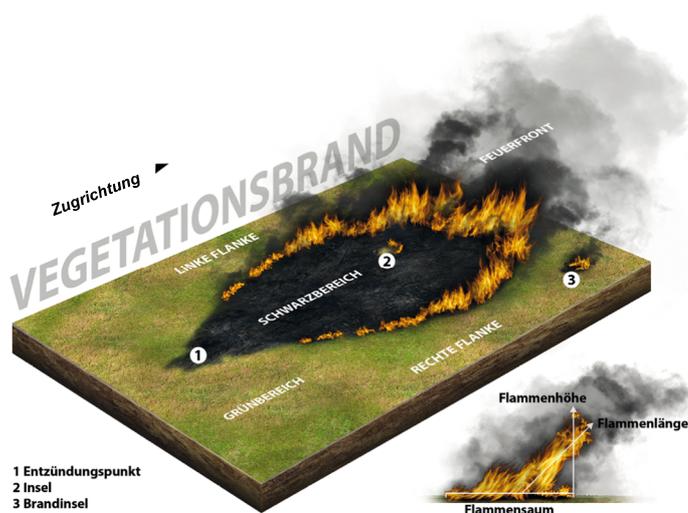


Abb. 3: Brandausbreitung eines Vegetationsbrandes; verändert nach [1]

Waldbrandriegel

Ein Waldbrandriegel ist eine ca. 100 bis 300 Meter breite Fläche, die mit brandhemmenden (Laub-)Bäumen, Sträuchern sowie brandhemmender Bodenvegetation bewachsen ist. Ein Waldbrandriegel soll im Brandfall auflaufende Vollfeuer in leichter zu bekämpfende Bodenfeuer umwandeln bzw. die Ausbreitung von Bodenfeuern verhindern sowie der Feuerwalze ihre Energie entziehen. Um größere Waldflächen vor allem in Gebieten hoher Waldbrandgefahr zu schützen, werden diese Riegel zu einem System verbunden.

3 Einfluss der Topografie

Die Geländeform hat einen großen Einfluss auf das Feuerverhalten. In Deutschland kommen großflächige Vegetationsbrände schwerpunktmäßig in tieferen Ebenen, wie der Lüneburger Heide oder in Brandenburg vor. Aber auch im Mittel- und Hochgebirgsraum kam es in der Vergangenheit zu Bränden mit enormer Ausbreitungsgeschwindigkeit.

Verschiedene Einflüsse wirken hierbei aufeinander ein bzw. verstärken sich, wobei die Hanglage und Hangneigung eine besondere Rolle spielen. Grundsätzlich herrschen tagsüber an Berghängen örtlich begrenzte Aufwinde (Abb. 4). An den Hängen erwärmt sich die Luft durch Sonneneinstrahlung schneller, als in Tälern. In der Folge steigt die erwärmte Luft weiter auf und führt zu einer Verringerung der Luftdichte am Hang.



Abb. 4: Thermik an Hanglagen [1]

Dadurch setzt ein sogenannter thermischer Auftrieb ein und ein Hangaufwind entsteht. Die Luft kühlt sich beim Aufsteigen ab und sinkt über dem Ursprungs- oder Nachbartal bzw. im Gebirgsvorland wieder in tiefere Lagen ab. Das immer wiederkehrende Zusammenspiel von absinkender und aufsteigender Luft führt dazu, dass sich eine im Tagesgang immer stärker werdende Ausgleichsströmung einstellt – der Talwind. Brände am Hang können sich somit durch die Aufwinde, verstärkt durch die thermischen Effekte der Wärmestrahlung, besonders schnell ausbreiten.



Abb. 5: Einfluss der Topografie bei einem Vegetationsbrand [1]

Eine Faustregel besagt: Je steiler der Hang, desto schneller kann sich ein Feuer hangaufwärts ausbreiten.

Dabei gilt: Pro 10 Grad Steigung verdoppelt sich die Feuergeschwindigkeit, auch ohne Windeinfluss.

Umgekehrt besteht aber auch die Möglichkeit, dass an Berghängen auf Grund der Bodengegebenheiten, bestehenden Vegetation, vorherrschenden Wetterlage sowie Menge an Brandgut eine Ausbreitung auch talwärts erfolgen kann. Ab einem Geländeneigungswinkel von ca. 30 Grad (Steinschlagwinkel) kann die Brandausbreitung bergab durch abrollendes, brennendes Material (Abb. 5) verstärkt werden.

Die Topografie beeinflusst zudem die örtliche Windrichtung sehr stark. Die Windrichtung an einem Einsatzort z. B. im Mittelgebirge kann somit erheblich von der großräumigen Windrichtung (wie sie in Wetterportalen abgerufen werden kann) abweichen.

Eine Flucht von Einsatzkräften bergauf ist nicht möglich, wenn sich das Feuer hangaufwärts ausbreitet!

Es ist daher wichtig, die örtliche Windrichtung festzustellen und die Windstärke am Einsatzort fortlaufend zu beobachten und zu bewerten.

Tageszeit und Hangausrichtung beeinflussen die Brennstofftemperatur bei Vegetationsbränden maßgeblich. Die höchsten Brennstofftemperaturen werden in den Mittags- und Nachmittagsstunden erreicht, wenn der Sonnenstand am höchsten ist. In diesem Zeitraum sind die brennbaren Materialien durch die intensive Sonneneinstrahlung am stärksten erwärmt und die Restfeuchtigkeit ist am geringsten. Dadurch steigen die Entzündlichkeit und das Brandrisiko deutlich an. Südhänge sind besonders gefährdet, da sie über den Tag hinweg mehr Sonnenstrahlung erhalten als Nordhänge. Das führt zu einer stärkeren Erwärmung und Austrocknung des Brennmaterials, wodurch die Brennstofftemperatur auf Südhängen generell höher ist. Diese Hänge trocknen schneller aus und bieten daher bessere Bedingungen für die Entstehung und Ausbreitung von Vegetationsbränden (Abb. 6).

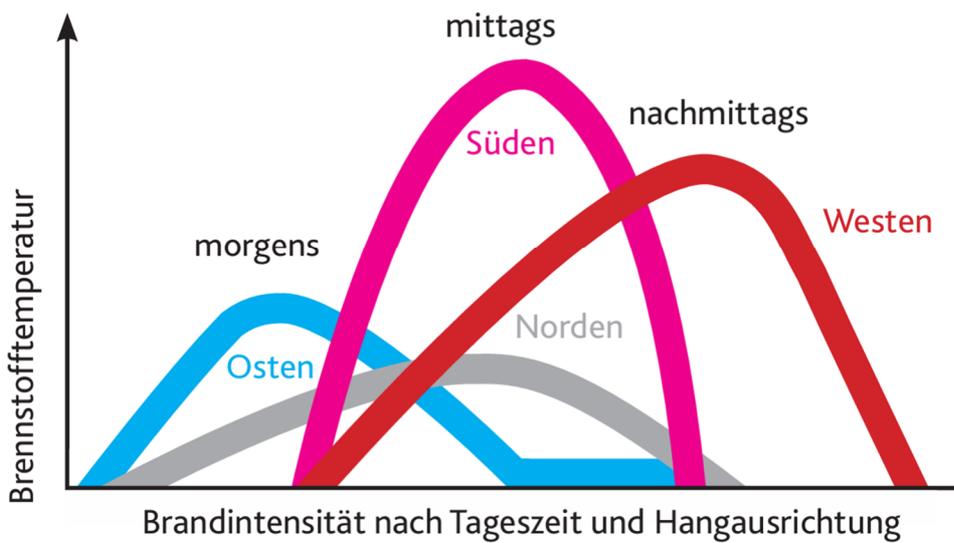


Abb. 6: Einfluss von Tageszeit und Hangausrichtung auf die Brennstofftemperatur [6]

4 Einfluss des Wetters

Wetter beschreibt den Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt und an einem bestimmten Ort. Es wird dabei durch die Parameter Temperatur, Niederschlag, Luftfeuchte, Luftdruck, Wind und Bewölkung definiert. Diese Parameter, bezogen auf einen längeren Zeitraum, werden als **Witterung** bezeichnet und innerhalb einer Zeitperiode von 30 Jahren **Klima** genannt. Die tages- und jahreszeitlichen Bedingungen schaffen die Voraussetzungen für die Entstehung und Ausbreitung von Vegetationsbränden. Aufgrund von Erfahrungswerten kristallisieren sich aber einige klimatische Haupteinflussfaktoren heraus, die Vegetationsbrände auslösen können.

Lange anhaltende Trockenphasen führen zum Absinken der Bodenfeuchtigkeit. Erheblicher Wassermangel bei den Pflanzen stellt sich ein. Ab einem Wassergehalt von unter 15 % im Boden steigt das Brandrisiko erheblich. Ebenfalls erhöht sich die Gefahr für Vegetationsbrände bei einer Luftfeuchtigkeit von weniger als 50 %. Die üblichen Trockenphasen bestehen von Mitte März bis etwa Anfang Mai. In dieser Zeit treiben die Bäume ihr Laub aus, wodurch ein hoher Wasserbedarf besteht. Hinzu kommt in diesen Monaten, dass die Bodenvegetation von trockenen, teils abgestorbenen Pflanzenresten (v. a. Gräser) geprägt ist und noch nicht durch frisches Material ersetzt wurde. Die zweite Trockenphase liegt im Sommer, die mittlerweile in einigen Teilen des Landes durch extreme Trockenheit kombiniert mit langen Hitzephasen geprägt ist.

Die **relative Luftfeuchte** hat den größten Einfluss auf die Intensität des Feuers und folgt einem typischen Tagesverlauf (Abb. 7). Diesem Verlauf folgen gegenläufig die Brandgefahr und die Feuerintensität. Eine niedrige Luftfeuchte hat vor Wind und Temperatur den höchsten Einfluss auf das Feuerverhalten.

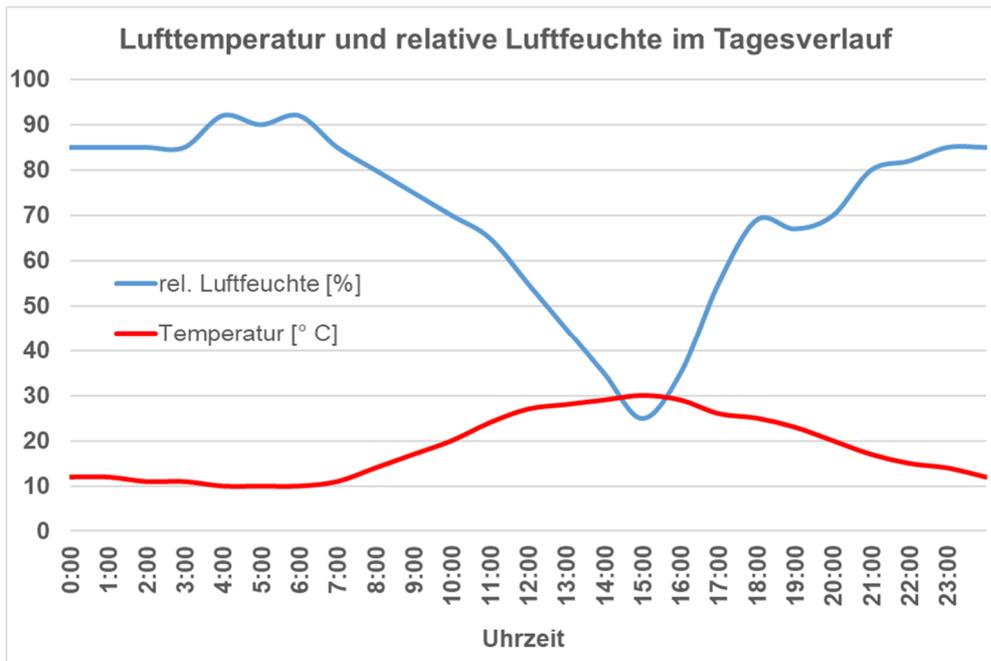


Abb. 7: Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Tagesverlauf (keine Messwerte)

Ab einer relativen Luftfeuchte kleiner 30 % droht extremes Feuerverhalten!

Der **Wind** ist ein weiterer Faktor, der erheblichen Einfluss auf Vegetationsbrände hat. Der Wind wird immer nach der Himmelsrichtung bezeichnet, aus der er weht. Westwind kommt also z. B. aus Richtung Westen. Die Richtung und Geschwindigkeit des Windes hat zudem großen Einfluss auf die Brandausbreitung bzw. den Erfolg bei der Vegetationsbrandbekämpfung. Bedingt durch den Wind haben die Vegetationsbrände meist die Form einer Ellipse.

Ab 30 km/h Windgeschwindigkeit steigen Feuerintensität und Ausbreitungsgeschwindigkeit massiv an.

Der Feuersaum, die Feuerfront und die Flanken sind hierbei deutlich erkennbar. Auch Boden- und Kronenfeuer breiten sich bei stetigem Wind aus gleicher Richtung nicht als „Feuerwalze“, sondern in Ellipsenform aus. Verschiedenartiges Brandgut und Hindernisse können die Form dieser „Ausdehnungsellipse“ beeinflussen. Schwerpunkte der Brandbekämpfung sollten nach einer Erkundung zunächst dort liegen, wo sich der Vegetationsbrand am schnellsten ausbreitet bzw. der Gefahrenschwerpunkt liegt. Kronenfeuer kann, angefacht durch Winde, dem Bodenfeuer vorausziehen und wieder „herunterfallen“. Es gilt jedoch die Regel, dass auf Dauer kein Kronenfeuer ohne Bodenfeuer vorkommen kann.

Ab 30 Grad Lufttemperatur steigt die Feuerintensität an.

Auf extremes Feuerverhalten, das kaum unter Kontrolle zu bringen ist und somit die Einsatzkräfte gefährdet, weist die „30-30-30-Regel“ hin: 30 Grad Celsius, 30 % relative Luftfeuchte und 30 km/h Wind beschreiben die größte Gefahr.

5 Arten von Vegetationsbränden

Vegetationsbrände werden je nach vorherrschender Vegetation und wirtschaftlicher Nutzung in verschiedene Arten bzw. Unterarten aufteilen:

- Feld-, Wiesen- und Heidebrände
- Waldbrände als Sammelbegriff für alle Brände im Wald

5.1 Feld-, Wiesen- und Heidebrände

5.1.1 Brand abgeernteter Flächen

Stoppelfelder verbrennen vergleichsweise langsam. Durch die fehlende Brandlast sind die Flammenlängen meist nicht höher als 100 cm. Durch noch auf der Fläche liegendes Stroh kann die Ausbreitungsgeschwindigkeit variieren. Löschmaßnahmen mit Feuerpatschen und ähnlichem Gerät sind bei Stoppelfeldbränden sehr wirksam.

5.1.2 Brand nicht abgeernteter Felder, Wiesen und Heidebrände

Nicht abgeerntete Felder, Wiesen und Heiden bieten insbesondere kurz vor der Ernte eine hohe Brandlast und verbrennen mit vergleichsweise großer Energiefreisetzung, Rauchentwicklung und Flammenentwicklung. Eine Brandbekämpfung mit Feuerpatschen oder anderen handgeführten Geräten ist meist nur an den Flanken möglich, jedoch im Bereich der Front schon aufgrund der Flammenhöhe nicht durchführbar. Der Einfluss von Wind auf ein Feuer in einem Getreidefeld ist nicht zu unterschätzen. Die Flammenhöhe an der Front kann bis zu 3 Meter, die Flammenlänge 6 bis 7 Meter [5] betragen.

5.2 Waldbrände

5.2.1 Bodenfeuer

Bei einem Bodenfeuer handelt es sich um einen Brand, der sich auf dem Boden von Wald, Wiese und Flur in Laub- oder Nadelstreu, Gras, trockenem Reisig o. Ä. ausbreitet. Es handelt sich hier um Brennstoffe, die kleinere Strukturen und eine große Oberfläche aufweisen. Die Oberfläche von feineren Brennstoffen, wie Gras und Heidekraut, ist wesentlich größer als das Volumenverhältnis zu den gröbereren Brennstoffen wie z. B. Ästen und Stämmen. Brennstoffe mit einer größeren Oberfläche trocknen schneller und benötigen weniger Wärmeeinwirkung bis zu ihrer Entzündung.

Die Ausbreitung von Bodenfeuern ist je nach Bodenvegetation und Brennstoffart unterschiedlich. Bei Windstille kann eine Brandausbreitung in alle Richtungen erfolgen.

Feuer in Gras oder vergrasteten Waldbeständen können sich sehr schnell ausbreiten und eine sehr hohe Intensität erreichen. Ihre Gefährlichkeit wird von den Einsatzkräften oftmals unterschätzt.

5.2.2 Kronenfeuer/Wipfelfeuer

Unter dem Begriff Kronen- und Wipfelfeuer versteht man den alleinigen Abbrand der Kronen- bzw. Wipfelbereiche eines Waldes. Begünstigt wird dieses Brandphänomen von der Vegetationsart und der vorherrschenden Trockenheit, sowie Wind. Meist geht einem Kronenfeuer ein Bodenfeuer voraus.

5.2.3 Vollfeuer

Unter Vollfeuer versteht man den Brand des gesamten Waldes. Einem Vollfeuer läuft in der Regel ein Bodenfeuer mit entsprechender Wärmefreisetzung voraus, was zur Aufbereitung der höher gelegenen Vegetation und im Verlauf auch zu deren Entzündung führt. Durch die massive Wärmefreisetzung bei einem Vollfeuer kommt es zu einer sehr schnellen Brandausbreitung. Zusätzlich besteht die Gefahr weiterer Brände, da brennende Teile durch die entstehende Thermik über große Entfernungen getragen werden können, was u. a. zur Brandausbreitung auf andere Vegetationsflächen führen kann.

5.2.4 Stammfeuer

Stammfeuer treten sehr selten auf und entstehen durch Blitzschlag oder Brandstiftung. Ein Stammfeuer liegt vor, wenn ein Baumstamm (oftmals nur im Kern) entflammt. Es kann der Beginn eines größeren Feuers sein. Durch Blitzeinschläge ausgelöste Stammfeuer werden meist selbst durch den begleitenden Regen nicht gelöscht. Auch noch Tage nach einem Gewitter können dadurch Waldbrände ausgelöst werden.

5.2.5 Erdfeuer

Erdfeuer sind äußerst selten und entstehen meist in Moor- und Torfgebieten. Sie brennen unterirdisch und sind schwer zu lokalisieren, da die Verbrennung oft nur über eine Wärmeentwicklung detektiert werden kann. Erdfeuer haben im Vergleich zu einem Bodenfeuer eine langsamere Ausbreitungsgeschwindigkeit, da diese unabhängig von Witterungseinflüssen besteht. Noch nach mehreren Tagen kann es zu einem Brand an der Oberfläche kommen, auch wenn der eigentliche „Waldbrand“ bereits gelöscht ist. Erdfeuer zerstören Wurzeln von Bäumen, daher besteht die Gefahr, dass Bäume in diesem Bereich ohne Fremdeinwirkung oder vorherige Anzeichen umfallen. Daraus ergibt sich ein erhebliches Risiko für Einsatzkräfte.

5.2.6 Wurzelfeuer

Bei einem Wurzelfeuer ist nur die Wurzel eines Baumes betroffen. Die Ursache eines Wurzelfeuers kann durch eine vorherige Schädigung des Baumes begünstigt werden, gerade dann, wenn ein Baum bereits hohl ist und sich das Feuer im Inneren ausbreiten kann. Wurzelfeuer sind nicht einfach zu erkennen. Bäume verlieren dadurch ihre Standfestigkeit und können unvermittelt umstürzen.

6 Klimaentwicklung und Vegetationsbrände

Die natürliche Vegetation in Mitteleuropa sind Buchen- und Buchenmischwälder. Lediglich Felswände, Küstenregionen, Moore, Schuttfluren, See- und Flussufer und hohe Gebirgslagen bilden Ausnahmen. Über mehrere tausend Jahre setzten Menschen Brand-rodung von Wäldern ein, um Flächen für den Ackerbau und die Nutztierhaltung zu gewinnen, bevor die Brandrodung mehr und mehr verboten wurde. Die Wälder dienten grundlegend als Holzvorrat, aber auch als Weide für Rinder und Schweine (Waldweide). Die Schäden, die durch diese Weidehaltung verursacht wurden, waren höher, als heutige Schäden durch Wild. Erst das Aufstallen der Tiere und der Anbau von Futter brachte eine Entlastung der Wälder mit sich.

6.1 Historisch bedingte Gefahren für die Entstehung von Waldbränden

6.1.1 Waldbewirtschaftung und Waldbrände...

Wälder waren Quellen für zahlreiche Verbrauchsgüter, wie Streu aus Blättern, Nadeln oder Moos, aber auch Grundlage für die Produktion von Holzkohle, Asche (aus Streu) und Harz. Ebenfalls wurden große Mengen Holz für die Befuerung von Glashütten oder Schmieden und als Baumaterial für den Bergbau benötigt. Die langsam wachsenden Buchen konnten diesen Bedarf nicht mehr decken, sodass schnell wachsende Baumarten wie Kiefern und Fichten gepflanzt wurden. Kiefern haben weniger Ansprüche an die Bodenverhältnisse und die Nährstoffversorgung im Boden und wachsen auch auf trockenen und nährstoffarmen Standorten gut. Die zweite große Aufforstung v.a. mit Nadelhölzern erfolgte nach dem 2. Weltkrieg, da schnell Baumaterial und Energierohstoff für den Wiederaufbau benötigt wurden.

6.1.2 ... und die daraus resultierenden heutigen Gefahren

Nadelwälder bieten eine höhere Waldbrandgefahr, als Laub- und Laubmischwälder. Vor allem Monokulturen aus Kiefern haben eine lichtere Baumkrone. Die Sonneneinstrahlung am Waldboden ist intensiver, als in Laub- und Laubmischwäldern, wodurch der Waldboden schnell austrocknet. Zusätzlich wird die Austrocknung durch eine geringere Deckung der Bodenvegetation als in Laubwäldern beschleunigt. Das Harz der Nadelbäume erhöht zusätzlich die Brandgefahr und führt zu einer schnelleren Ausbreitung von Waldbränden, da es leicht entzündlich ist.

Wald- und Vegetationsbrände sind dynamische Schadenlagen, die hauptsächlich vom Wetter und der Topografie beeinflusst werden. Oft sind umfangreiche Einsatzmittel notwendig, um eine effektive Brandbekämpfung durchführen zu können. Eine erfolgreiche und schnelle Brandbekämpfung wird maßgeblich von einer schnellen Erkennung des Brandes beeinflusst, um eine großflächige Ausbreitung zu verhindern. Zudem sind entsprechend für die Waldbrandbekämpfung ausgebildete und ausgerüstete Einsatzkräfte entscheidend, um wirksam eine Brandbekämpfung durchzuführen.

6.2 Klimawandel und Waldbrände

Wald- und Vegetationsbrände stehen auch in Zusammenhang mit dem Klimawandel. Wenn die Temperaturen steigen, trocknet das Holz in den Wäldern leichter aus und bietet somit eine leichte Brennstoffquelle für Brände. Dadurch können sie schneller und stärker werden, als dies ohne den Klimawandel der Fall wäre. Vor allem in den letzten 30 Jahren ist eine deutliche positive Abweichung der Lufttemperatur vom vieljährigen Mittelwert 1961-1990 in Deutschland zu sehen (Abb. 8).

Anstieg der Mitteltemperatur in Deutschland seit 1881 um 1,6 °C

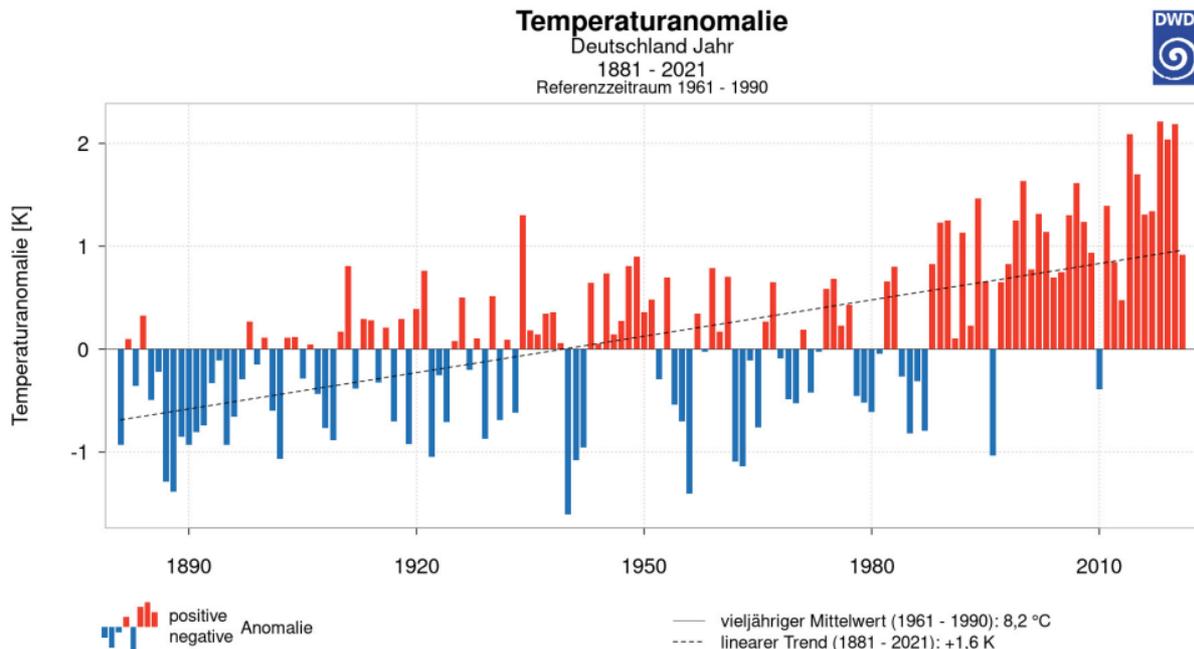


Abb. 8: Zeitreihe der Anomalie der Temperatur (1881-2021) (Klimastatusbericht Deutschland Jahr 2021, Deutscher Wetterdienst)

Der Klimawandel beeinflusst auch die Anzahl der auftretenden Waldbrände. Warme Temperaturen können dazu führen, dass Grasland oder Büsche schneller absterben oder von Trockenheit betroffen sind. Dies beeinträchtigt die Feuchtigkeit und trocknet die Vegetation weiter aus, was dazu führt, dass sich Brandgefahren erhöhen. Neuere Forschungen haben ergeben, dass auch eine niedrige Luftfeuchte die Entstehung von Waldbränden begünstigen kann. Vor allem in den äußerst trockenen Jahren 2018 und 2019 wurde mehr Waldfläche durch Brände zerstört, als in den vergleichsweise weniger trockenen Jahren (Abb. 9 und Abb. 10).

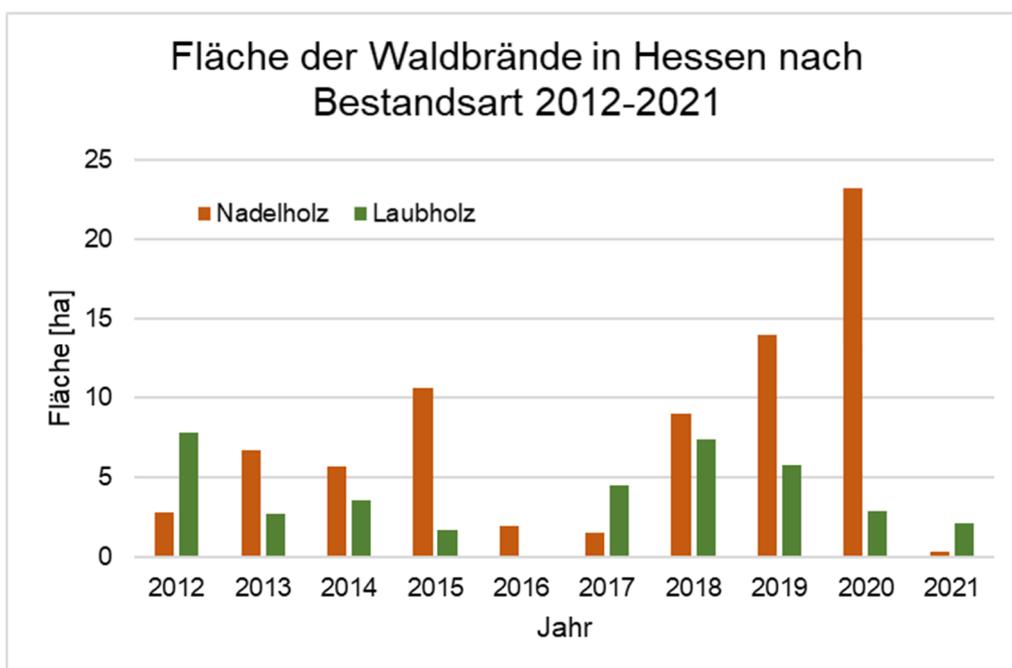


Abb. 9: Gesamtfläche der Waldbrände in Hessen für 2012 bis 2021 nach den Bestandsarten Nadelholz und Laubholz

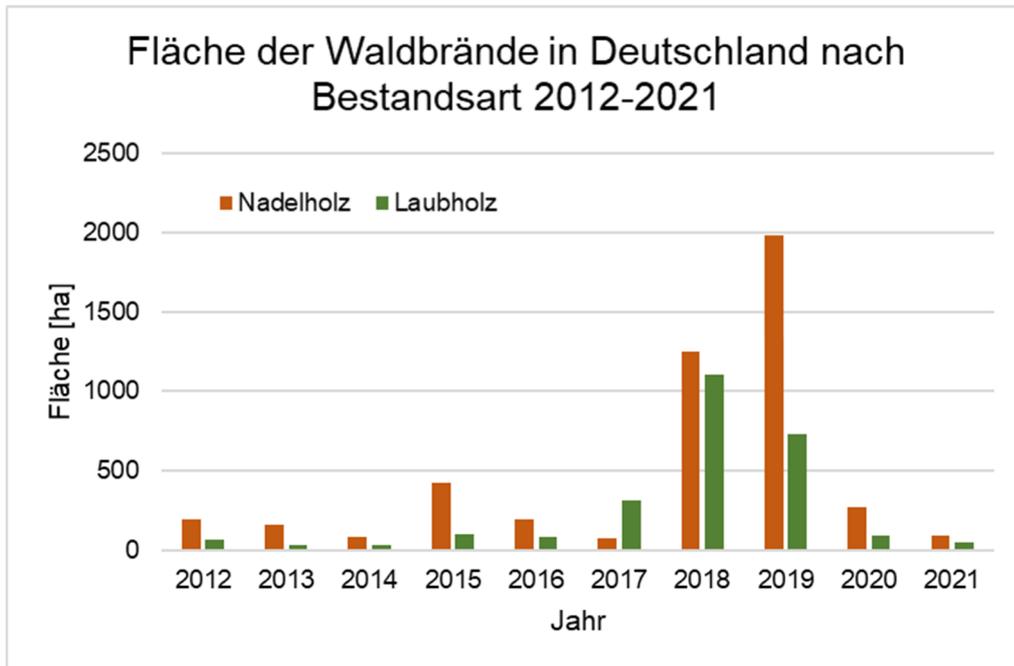


Abb. 10: Gesamtfläche der Waldbrände in Deutschland für 2012 bis 2021 nach den Bestandsarten Nadelholz und Laubholz

Um dem entgegenzuwirken ist es erforderlich, dass entsprechende Maßnahmen ergriffen werden. Eine Möglichkeit ist zum Beispiel die Reduzierung von Brandrisiken durch gezielte Waldpflege. Hierzu gehört u. a. das Entfernen von totem Holz und Unterholz sowie das Anlegen von Schneisen und speziellen Feuerschneisen.

Auch der Einsatz moderner Technologien kann helfen Waldbrände frühzeitig zu erkennen und schneller zu löschen. Hierzu gehören unter anderem Drohnen und Satellitenüberwachungssysteme. Nicht zuletzt spielt auch die Sensibilisierung der Bevölkerung eine wichtige Rolle. Durch gezielte Aufklärungskampagnen können Menschen dazu motiviert werden, verantwortungsvoll mit Feuer umzugehen und bei erhöhter Brandgefahr besonders vorsichtig zu sein. Rauchen und Feuer im Wald oder in Waldnähe gehören zu den Hauptursachen von Waldbränden in Deutschland; Glasscherben o. Ä. haben dabei hingegen nachweislich keine Bedeutung (Abb. 12). In Hessen zeigt sich für die Jahre 2017 bis 2021 hingegen, dass Vorsatz eine häufigere Ursache für Waldbrände ist, als fahrlässige Handlungen (Abb. 11 und Abb. 12).

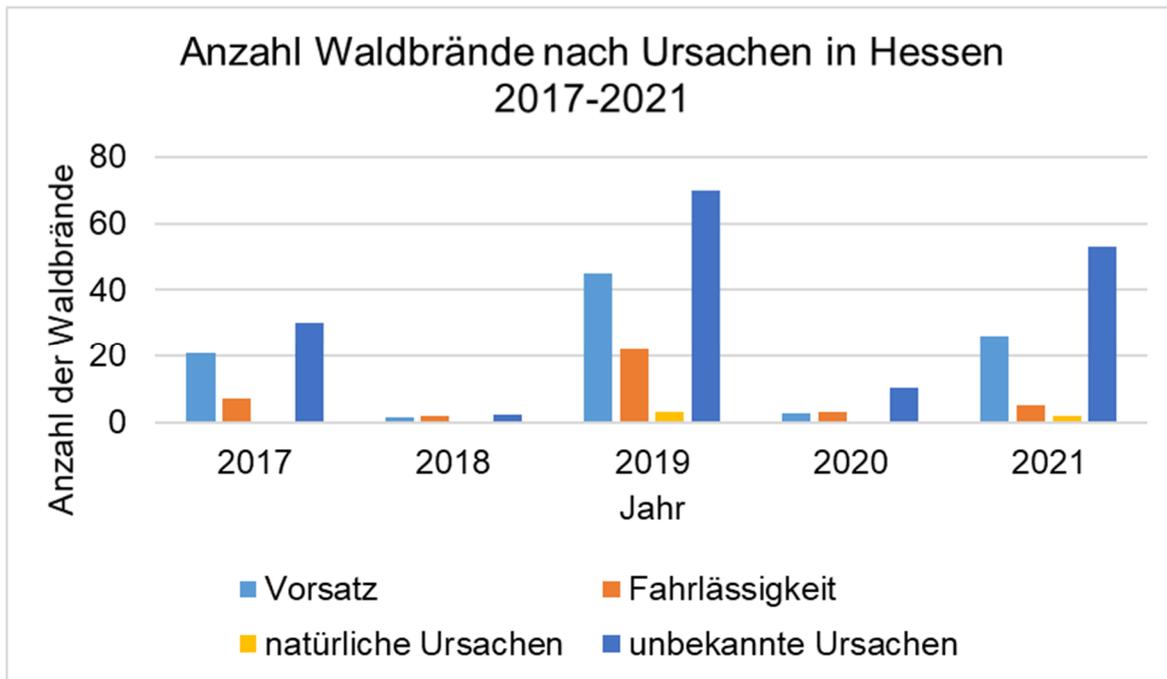


Abb. 11: Anzahl der Waldbrände in Hessen für 2017 bis 2021 aufgeschlüsselt nach ihren Ursachen

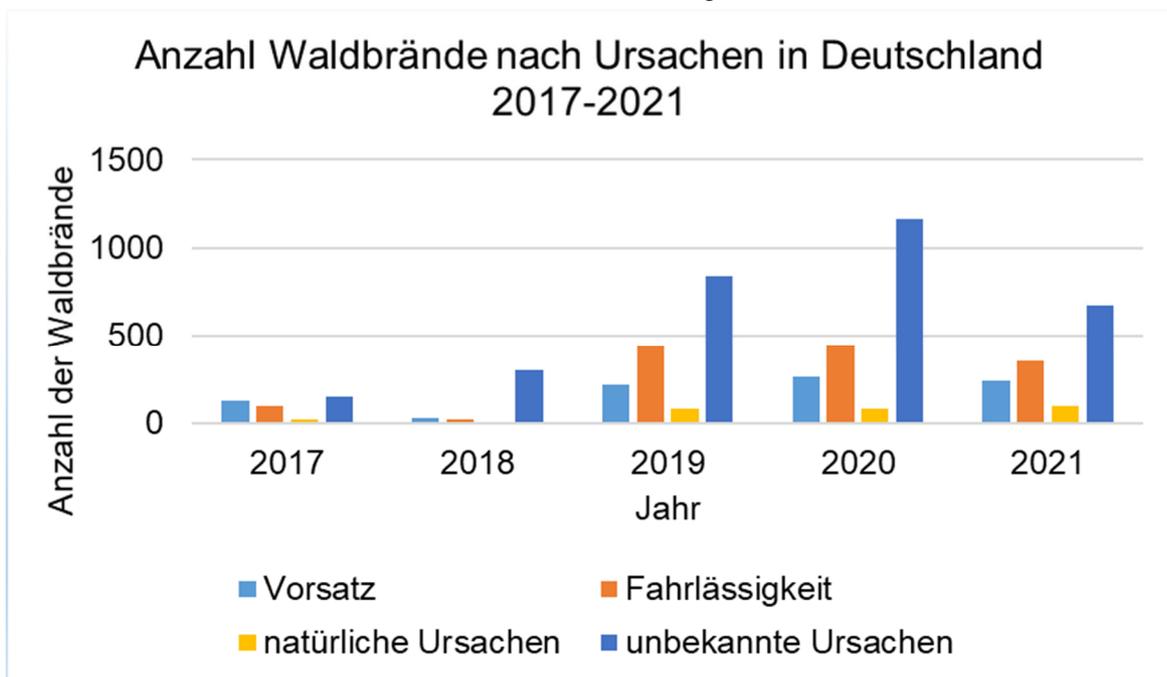


Abb. 12: Anzahl der Waldbrände in Deutschland für 2017 bis 2021 aufgeschlüsselt nach ihren Ursachen

7 Gefahren bei Wald- und Vegetationsbränden

Bei Vegetationsbränden liegen erhebliche Gefahren vor. Sie stellen eine Bedrohung für Menschen, Tiere, Umwelt, Infrastruktur und Eigentum dar. Die Brandbekämpfung ist anspruchsvoll, da Vegetationsbrände sich oft schnell und unvorhersehbar ausbreiten, in schwer zugänglichem Gelände liegen, die Fahrzeuge oft nicht geländetauglich sind, auswärtige Einsatzkräfte eine schlechte Ortskenntnis haben, die Zuwegung unklar und häufig die Wasserversorgung problematisch ist.

A – Ausbreitung

Wärmestrahlung – durch Wärmestrahlung werden nicht betroffene Bereiche entsprechend aufgeheizt, ausgetrocknet und ggf. auch entzündet.

Flugfeuer – durch die bestehende Thermik können brennende Teile bis zu mehreren Kilometern mitgetragen werden und so bislang nicht betroffene Waldgebiete in Brand setzen, in diesem Fall spricht man von einem Spotfeuer.

Funkenflug – durch Funkenflug können zum Beispiel Waldbrände ausgelöst werden, wenn diese bei einer fahrlässig entzündeten Brauchtumsfeuer entstehen. Aber auch bei Waldbränden entsteht dieses Vorkommnis sehr häufig, wenn Nadelbäume oder Reisig verbrennen. Dieses Phänomen kann in Folge zu einem weiteren Brand (einem Spotfeuer) führen.

Spotfeuer – dieses Phänomen tritt meist dann auf, wenn durch das Hauptfeuer eine große Thermik entwickelt wird und infolgedessen brennende und glühende Teile durch die Luft fliegen. Spotfeuer entstehen meist in sehr trockenen Gebieten, in denen die geringe Zündenergie genügt, um diese Bereiche zu entflammen. Spotfeuer können sich im Verlauf ebenso zu großen Bränden entwickeln und die geplanten taktischen Maßnahmen der Feuerwehr stören, behindern oder gar unmöglich machen.

Ausbreitungsgeschwindigkeit – Formel, Faust- und Richtwerte

Für die Berechnung der Ausbreitungsgeschwindigkeit legt man Mittelwerte der Temperatur und der relativen Luftfeuchte zugrunde. Der Temperaturmittelwert bei einem Waldbrand lag in der Vergangenheit bei ca. 30 Grad Celsius, dies ergibt sich aus den Aufzeichnungen der DWD und dem damit verbundenen Waldbrandgefahrenindex, der mindestens 3 beträgt.

Der Index setzt sich auch aus einem Mittelwert der Luftfeuchtigkeit zusammen, der um 30 % lag. Daraus ergibt sich aus einer Formel des ECASC (École d'application de Sécurité Civile, (Tab. 1) der Faktor von 0,04 für eine mittlere Laufgeschwindigkeit.

Dieser Faktor wird mit der vorherrschenden Windgeschwindigkeit (angegeben in m/s) multipliziert. Aus dieser Faustformel kann nun schnell eine Prognose für die Laufgeschwindigkeit eines Bodenfeuers errechnet werden.

Beispiel für eine Windgeschwindigkeit von 8,3 m/s

$$0,04 \times 8,3 \text{ m/s} = 0,33 \text{ m/s} = 20 \text{ m/min}$$

Vom Brandausbruch bis zur Branderkennung vergehen inklusive der Ausrücke- und Anfahrzeiten der Einsatzkräfte leicht bis zu 20 Minuten. Erst dann kommt es zur ersten Identifizierung und Maßnahmeneinleitung. Im vorliegenden Beispiel hat sich der Brand in dieser Zeit bereits auf eine Länge von rund 500 Metern ausgebreitet, eine seitliche Ausbreitung verläuft verhältnismäßig langsamer.

A – Angstreaktion

Tiere und Tierherden können durch den Brand in Panik geraten und flüchten. Dabei geht eine erhebliche Gefahr von ihnen aus, da diese im Stresszustand nicht eingefangen werden können. Im besten Fall können diese Tiere nur geleitet werden.

Durch Zivilisten besteht die Gefahr von Gaffern, welche die Löschmaßnahmen behindern. Direkt Betroffene treffen nicht rational überlegte Entscheidungen, gefährden sich dadurch selbst und müssen ggf. von Einsatzkräften gerettet werden.

A – Atomare Gefahren

Können ausgeschlossen werden.

A – Atemgifte

Große Rauchentwicklung und drehende Winde, welche durch Thermik und Topographie beeinflusst werden können. Auch im Freien besteht die Gefahr einer Rauchgasintoxikation!

C – Chemie

Kann ausgeschlossen werden, sofern keine Bereiche besonders gekennzeichnet bzw. durch das Feuer direkt bedroht sind (Industrieanlagen, Abstellanlagen für Gefahrguttransporte, Altlasten ...).

E – Explosion

Munitionsbelastete Gebiete – Selbstumsetzung durch Feuer und Temperatur, Gefahr durch Splitterwirkung, Explosion und Zerknall.

E – Elektrizität

Stromleitungen durch Wald und Wiese, Gefahr des Herabhängens oder Zerreißens durch Wärmeeinwirkung, Gefahr durch Abbrand bei Holzmasten.

E – Erkrankung/Verletzung

Chirurgische Verletzungen, internistische Notfälle (Hitzeerschöpfung, Hitzschlag, Kreislaufstörungen).

E – Einsturz

Die Gefahr durch Einsturz oder Absturz besteht bei Bäumen, welche durch die Brandeinwirkung ihre Standfestigkeit verloren haben. Durch Brandeinwirkung können gerade in Steilhängen Steine oder teilweise auch brennende Bäume den Hang herunterrollen. Dies birgt für Einsatzkräfte eine doppelte Gefahr, da hierdurch auch die Ausbreitung des Feuers nicht kontrolliert werden kann. Unbekannte Topografie und dadurch unerkannte Absturzkanten sind für Einsatzkräfte eine grundsätzliche Gefahr. Bei einem Löschwasserabwurf durch Hubschrauber können Bäume umgeworfen werden, außerdem können Steine und andere Gegenstände, die bei der Befüllung aus dem offenen Gewässer mit aufgenommen wurden, herabfallen (siehe auch Hubschraubereinsatz zur Vegetationsbrandbekämpfung).

8 Einfache taktische Waldbrandprognose (ETW)

Aufgrund der hohen Dynamik von Waldbränden sind die Maßnahmen, die nach einem festgestellten Brandverhalten eingeleitet wurden, möglicherweise nicht vollumfänglich wirksam, da sich das Brandverhalten in seiner Richtung und Intensität schon wieder geändert haben kann. Daher laufen die Maßnahmen dem eigentlichen Brandgeschehen oftmals hinterher. Ziel ist es, vor die Lage zu kommen, also Aktion statt Reaktion.

Eine einfache taktische Prognose zur Einschätzung des Verhaltens eines Waldbrandes soll einsatztaktische Planungen möglich machen. Dabei wird das Brandverhalten im Wesentlichen von den vier Faktoren Brennstofftemperatur, Wind, Topografie und Brennstoffart beeinflusst.

Dabei gilt:

Feuer folgt bestimmten physikalischen Grundsätzen und den Einflüssen des Wetters. Dadurch sind Intensität und Verhalten des Feuers übertragbar und vorhersehbar. Bei gleichen Umgebungsbedingungen verhält es sich gleichartig.

8.1 Faktor Brennstofftemperatur (in Abhängigkeit der Hangausrichtung)

Die einfallende Sonnenstrahlung beeinflusst die Brennstofftemperatur (zunächst an der Oberfläche des Brennstoffes). Im Tagesverlauf nimmt die Sonneneinstrahlung und damit auch die Temperatur von Brennstoffen zu und später wieder ab. Beschattete Brennstoffe unterliegen dabei geringeren Temperaturschwankungen, als sonnenexponierte Brennstoffe. Mittags erreichen Brennstoffe in südexponierter Hanglage die höchste Temperatur, an Westhängen eher nachmittags. So gewinnt ein Feuer an Stärke, wenn es von beschatteten Gebieten in eine Freifläche läuft, z.B. aus einem Wald auf ein Feld.

8.2 Faktor Wind

Der Wind kann ein Feuer in seiner Richtung und Geschwindigkeit verstärken oder vermindern.

Verstärkend: Feuer brennt in Windrichtung

Vermindernd: Feuer brennt entgegen oder seitlich zur Windrichtung

Plötzlich auftretende Änderungen der Windrichtung und/oder Windgeschwindigkeit können zu einer plötzlichen und unmittelbaren Änderung des Brandverhaltens führen. Die Windrichtung ist am einfachsten an der Rauchfahne zu erkennen.

8.3 Faktor Topografie/Hangneigung

Wenige Grad Hangneigung reichen aus, um ein Feuer bergauf oder bergab laufen zu lassen. Bei 25° Hangneigung und mehr nimmt die Brandgeschwindigkeit erheblich zu, ebenfalls die Breite der Flammenfront (Abb. 13). Dabei greifen die Flammen am Hang eine vergleichsweise größere Fläche der Brennstoffe an, als in der Ebene, da der Winkel zwischen Flammen und Brennstoffen verkleinert wird.

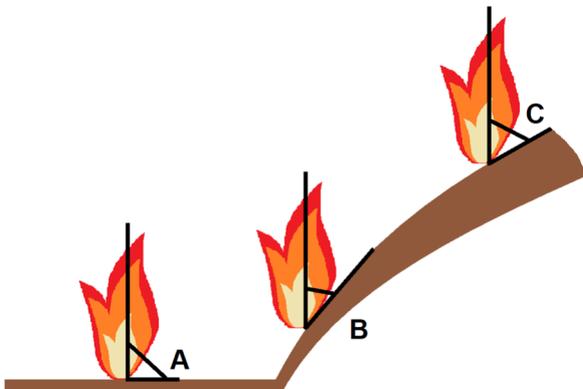


Abb. 13: Angriffsfläche der Flammen auf Brennstoff in Abhängigkeit von der Hangneigung

Dabei gilt:

Je 10° Hangneigung verdoppelt sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit hangaufwärts.

8.4 Faktor Brennstoffart

Die Art des Brennstoffes beeinflusst die Ausbreitungsgeschwindigkeit und die Flammenlängen eines Waldbrandes. Leicht entzündbare Brennstoffe wie Gras und feine Zweige werden durch Sonneneinstrahlung schneller thermisch aufbereitet, da sie im Verhältnis zu ihrem Volumen eine größere Oberfläche haben als schwer entzündbare Stoffe wie dickere Zweige, Äste und Stämme. Eine Ausnahme bildet Nadelstreu, dass zwar ähnliches Oberfläche-Volumenverhältnis hat wie Gras und dünne Zweige, jedoch lagert die Streuschicht oftmals so dicht, dass nicht ausreichend Sauerstoff für die Verbrennung zur Verfügung steht.

8.5 Addition der Faktoren

Bei Erfüllung einer oder mehrerer Faktoren der Punkte 8.1 bis 8.4 werden die Faktoren addiert, sodass die Spanne zwischen „0“ und „4“ liegen kann.

Beispiel: In Abb. 14 werden die Faktoren Wind, Hanglage, Hangausrichtung und Brenn-stoff erfüllt, sodass es sich um ein Faktor-4-Feuer handelt. Würde der Wind aus Norden kommen und das Feuer hangabwärts laufen, wäre es als Faktor-2-Feuer zu bestimmen.

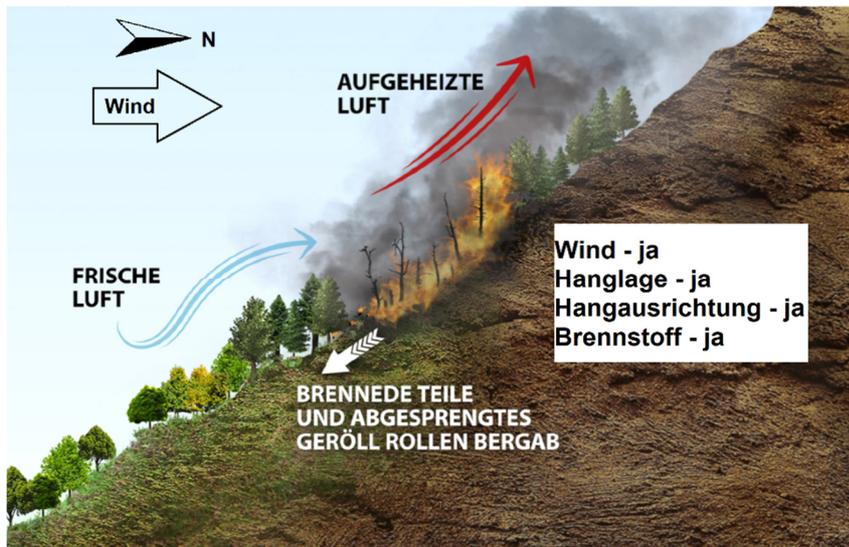


Abb. 14: Beispiel zur Herleitung der einfachen taktischen Waldbrandprognose, verändert nach [1]

9 Quellenverzeichnis

1. Staatliche Feuerweherschulen Bayern, „Vegetationsbrände - Merkblatt für die Feuerwehren Bayerns,“ Staatliche Feuerweherschule Würzburg, Würzburg, 2022
Abb. 1
2. Landesbetrieb Hessen Forst, Interview, Trockener Sommer und Negativrekord: 260 Brände in hessischen Wäldern. [Interview]. Oktober 2022
3. Deutscher Wetterdienst
Abb. 8
4. Hessische Landesfeuerweherschule
Abb. 7, Abb. 9-13
5. Cimolino et al., Vegetationsbrandbekämpfung, Landsberg am Lech: ecomed-Storck GmbH, 2019
6. Feuerwehr- und Katastrophenschutzakademie Rheinland-Pfalz, Taschenkarte Wald- und Vegetationsbrände für Führungskräfte